

## Análise da qualidade da água de nascentes recuperadas com técnica solo-cimento utilizando macroinvertebrados aquáticos

### *Water quality analysis based on the presence of aquatic macroinvertebrates applied to water springs covered with soil-cement technique*

Eduardo Rodrigo Viana Mallet<sup>1</sup>; Elynton Alves do Nascimento<sup>2</sup>; Kelly Geronazzo Martins<sup>2</sup>; Paulo Costa de Oliveira Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil. Orcid: 0009-0008-2959-6975. E-mail: [eduardomallet2@hotmail.com](mailto:eduardomallet2@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil. Orcid: 0000-0002-9071-2823. E-mail: [elynton@unicentro.br](mailto:elynton@unicentro.br); Orcid: 0000-0002-0447-4444. E-mail: [kellygm77@gmail.com](mailto:kellygm77@gmail.com); Orcid: 0000-0003-2334-9072. E-mail: [paulocostafh@gmail.com](mailto:paulocostafh@gmail.com)

**RESUMO:** Atividades humanas, como desmatamento, descarga de efluentes e disposição inadequada de resíduos, têm impactado negativamente os cursos d'água. A técnica de solo-cimento é uma opção de fácil implementação e baixo custo para proteger nascentes e conservar os cursos hídricos. O presente estudo analisou a qualidade da água de nascentes em Prudentópolis – PR onde estão implantadas esta técnica, considerando a comunidade de macroinvertebrados aquáticos e o uso e ocupação do solo. Foram coletados 1236 macroinvertebrados de 18 táxons em cinco nascentes. Nos pontos A, B, C e E, a família predominante foi de espécie Chironomidae, representando cerca de 42% de todos os insetos coletados. A forma predominante de uso do solo nos pontos estudados foi da classe Cobertura Arbórea. A análise de CCA (*Canonic Correspondence Analysis*) mostrou que diferentes grupos taxonômicos responderam de maneira diferente aos fatores ambientais avaliados. Conclui-se que a preservação do solo, o manejo sustentável e a técnica de proteção solo-cimento, aliadas a um conjunto de ações preventivas são medidas eficazes para garantir a conservação de ecossistemas aquáticos e a qualidade da água.

**Palavras-chave:** Bioindicadores; Cursos d'água; Uso do solo; Cobertura do solo.

**ABSTRACT:** Human activities, such as deforestation and inappropriate waste disposal have had negative impact on watercourses, including water spring areas. The soil-cement technique is a low-cost and easily implementable option to safeguard water springs and to preserve watercourses. The aim of the preset study is to assess water quality in water springs in Prudentópolis City, Brazil by using this technique based on aquatic macroinvertebrate communities and land use in this location. In total, 1,236 macroinvertebrates belonging to 18 taxa were collected from 5 water springs. Species belonging to family Chironomidae prevailed in points A, B, C and E, since they represent approximately 42% of all collected insects. Tree Cover was the primary land use form in the assessed points. According to Canonical Correspondence Analysis (CCA), different taxonomic groups had different responses to the assessed environmental factors. In conclusion, soil preservation, sustainable management and the cement technique, in combination to a set of preventive actions, were effective measures to ensure the conservation of aquatic ecosystems and water quality.

**Keywords:** Bioindicators; Watercourses; Land use; Land cover.

## INTRODUÇÃO

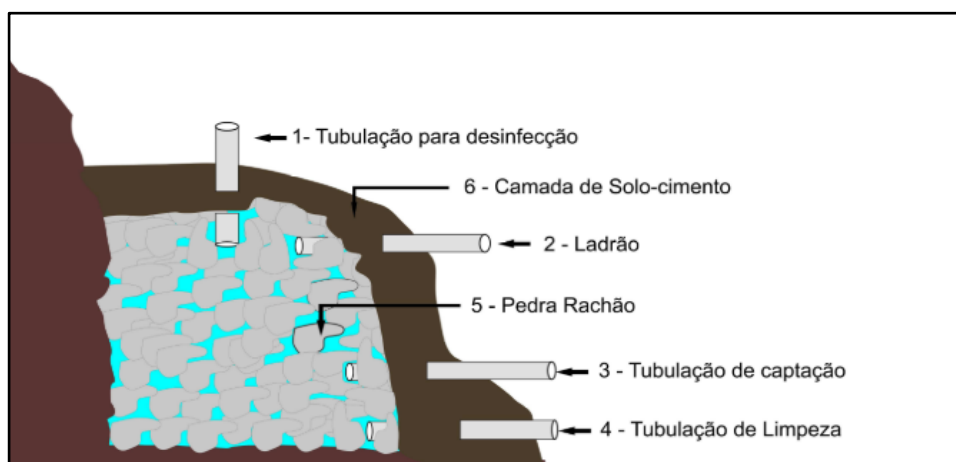
Uma bacia hidrográfica corresponde a uma área geográfica da qual as águas são drenadas por um rio principal e seus afluentes, delimitada por um divisor de águas, constituindo base para o desenvolvimento de atividades sociais, industriais e agrícolas, bem como pelo habitat de diversas espécies e pelo fluxo de água, de considerável relevância aos ecossistemas de plantas e animais existentes (REBOUÇAS, 2002; BRAGA; TUNDISI, 2002; VALENTE; GOMES, 2015).

Nascentes podem ser caracterizadas como qualquer descarga natural de água superficial grande o suficiente para fluir num pequeno curso d'água, classificadas como perenes, intermitentes ou temporárias, sua preservação é essencial para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, na regulação do fluxo de água, no abastecimento de água potável para as comunidades locais e na preservação da biodiversidade (DAVIS et al., 1996; VALENTE; GOMES, 2015). A proteção das nascentes é amparada por legislações como a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), devido à sua significativa importância, esses elementos são frequentemente alvo de estudos e estão sob a proteção constante de pesquisadores e regulamentações ambientais.

Devido à essa importância, se faz necessário o monitoramento da qualidade das águas, além da conservação das nascentes, bem como de todo o curso hídrico e de suas respectivas áreas ao entorno, ou Áreas de Preservação Permanente (APP's), amparadas pela Lei nº 12.651/2012, que dispõe no art. 7º: “A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado” (BRASIL, 2012). O monitoramento deve ser realizado para identificar poluição ou outras alterações ambientais, sendo diversos os fatores que podem alterar a qualidade da água numa bacia hidrográfica e por conseguinte a estrutura do ecossistema aquático. Dentre estes fatores destaca-se a redução ou retirada de mata ciliar, o uso do solo para monoculturas, descarga direta de efluentes urbanos e industriais sem tratamento adequado, transporte de poluentes por água de drenagem resultante de áreas impermeabilizadas, entre outros (QUEIROZ, 2012; CRISIGIOVANNI et al., 2020; MEZA-SALAZAR et al., 2020).

Medidas de preservação devem ser empregadas ao longo de toda bacia hidrográfica, buscando a manutenção e/ou melhoria da qualidade dos cursos hídricos. De acordo com Crispim et al. (2012), a Técnica de Proteção de Nascentes com Solo-cimento (TSC) propõe o selamento das nascentes, utilizando materiais de baixo custo e ambientalmente corretos, para proteger a água de fatores externos, buscando a manutenção do equilíbrio natural da nascente, bem como volume e qualidade ao longo do tempo. Segundo Alemão (2015) a técnica consiste na limpeza do entorno da nascente, retirando todo o material orgânico e rochas intemperizadas, deixando assim a nascente desnuda. Posteriormente à instalação da tubulação, o local é preenchido com pedra rachão e impermeabilizado com solo-cimento, composta pela mistura de solo peneirado e cimento. As rochas formam uma espécie de armadura sobre a nascente, que recebe uma camada de argamassa de solo-cimento, a fim de sustentar as tubulações, que permitem o fluxo da água (**Figura 1**).

**Figura 1.** Modelo de aplicação da Técnica de Proteção de Nascentes com Solo-cimento para recuperação de nascentes.



Fonte: Modificado de Crispim et al., 2012.

CRISPIM et al., (2012), relatam que a aplicação da técnica resultou em significativa elevação da qualidade da água fornecida aos agricultores, resguardando as nascentes de serem expostas a elementos que pudessem poluir e alterar a qualidade desta, pela diminuição da entrada de materiais alóctones nas nascentes estudadas. Apesar de alguns estudos garantirem que a técnica apresenta salvaguarda à estrutura e função das nascentes, inseridas eventualmente em meio rural (CRISPIM et al., 2012; ATHAYDES, 2022) e em cidades de pequeno porte (ANTONIETTI et al., 2013), pouco se sabe a respeito da qualidade das águas provenientes de nascentes recuperadas com a TSC.

Os macroinvertebrados aquáticos são essenciais para os ecossistemas fluviais, atuando como fonte de alimento para predadores e contribuindo na decomposição da matéria orgânica, transformando-a em nutrientes utilizáveis para outros organismos aquáticos. A saúde e diversidade dos macroinvertebrados aquáticos refletem a qualidade da água e do habitat, uma vez que eles são sensíveis às mudanças ambientais, incluindo composição química, estrutura física e recursos disponíveis no ecossistema aquático. (VANNOTE et al., 1980; DOMÍNGUEZ et al., 2009; FERREIRA et al., 2016; PINTO et al., 2020).

Devido a tais características de sensibilidade ao meio, abundância, facilidade de coleta e identificação, os macroinvertebrados aquáticos são amplamente utilizados para a caracterização da qualidade da água como bioindicadores em ecossistemas lóticos (OLIVEIRA et al., 2010; CASTRO et al., 2018; RESTELLO et al., 2020; CAMPOS et al., 2021). A análise das comunidades de tais organismos, juntamente com a análise de uso e ocupação do solo, podem fornecer informações valiosas sobre o estado de conservação de rios e córregos, e auxiliar no desenvolvimento de estratégias de conservação e gestão de recursos hídricos (MELLO et al., 2011; CRISIGIOVANNI et al., 2022; DALA-CORTE et al., 2020).

Apesar de haver estudos que garantem que a técnica apresenta um acréscimo estrutura e função das nascentes, inseridas eventualmente em meio rural (CRISPIM et al., 2012; ATHAYDES et al., 2022) e em cidades de pequeno porte (ANTONIETTI et al., 2013), pouco se sabe a respeito da qualidade das águas provenientes de nascentes recuperadas com a técnica de preservação com solo-cimento. Nesse contexto, o presente estudo teve

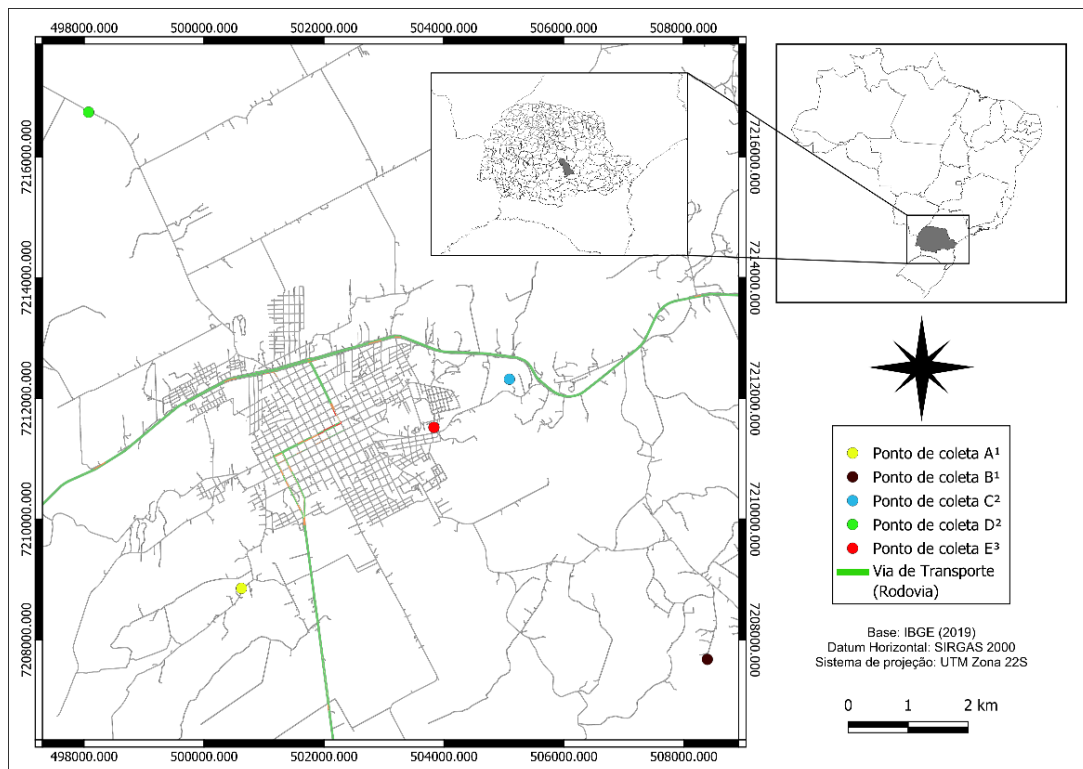
como objetivo analisar a qualidade da água de diferentes nascentes preservadas com a técnica localizadas no município de Prudentópolis-PR, por meio do estudo dos macroinvertebrados aquáticos e do uso e ocupação do solo no entorno das nascentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O município de Prudentópolis localiza-se no estado do Paraná, a 204 quilômetros de Curitiba, de latitude -25.2155 e longitude -50.9689, altitude de 744 metros. A extensão do município é de 2.236,579 km<sup>2</sup>, sendo aproximadamente 59,35% áreas rurais e 40,65% áreas urbanas, com o clima definido como subtropical úmido (IBGE, 2022). Localizado no centro-sul do Paraná, no Segundo Planalto Paranaense e Planalto Meridional (IBGE, 1991). Apresenta um regime pluviométrico relativamente bem distribuído, com pluviosidade média anual de 1446 mm, possuindo no mês de janeiro um maior número de dias com chuva (21,33 dias) e no mês de agosto, um menor número de dias (6,87 dias). O clima é classificado como Cfb, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, com temperatura média de 18,4°C (WREGE et al., 2012; CLIMATE DATA, 2022).

Foram selecionados locais inseridos em diferentes áreas do município, como áreas de vizinhança predominantemente urbana, rurais e industriais, sendo divididos entre cinco pontos de coleta: Ponto A (500615 m e 7208846 m); ponto B (508470 m e 7207718 m); ponto C (505143 m e 7212365 m); ponto D (498118 m e 7216795 m); ponto E (503883 m e 7211565 m) coordenadas no sistema de referência SIRGAS 2000/UTM 22s (**Figura 2**).

**Figura 2.** Pontos de coleta distribuídos pelo município de Prudentópolis-PR. Pontos: <sup>1</sup> não urbanizado, <sup>2</sup> periurbano, <sup>3</sup> urbano.



Foram realizadas coletas únicas de macroinvertebrados aquáticos em cada um dos pontos nos dias 03 e 24 do mês de novembro, utilizando amostrador Surber (30 x 30 cm de área de coleta e tela com abertura de 250 micrômetros). O material amostrado foi acondicionado em sacos plásticos com álcool 70% para posterior triagem. O material foi levado ao Laboratório de Biodiversidade de Conservação da Universidade Estadual do Centro-Oeste, campus Irati, para triagem e posterior identificação, que foi realizada até o nível taxonômico de família, com auxílio de chaves de identificação de Mugnai et al. (2010). Os organismos foram incorporados à Coleção de Invertebrados Aquáticos e Coleoptera da Universidade Estadual do Centro Oeste, também localizada no Laboratório de Biodiversidade de Conservação.

Os resultados foram tabulados e foram calculados os índices de Diversidade ( $H'$ ) e Equitabilidade ( $J$ ) no *software* PAST, além das porcentagens de Chironomidae e EPT (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera) e do cálculo do índice BMWP' com base nas famílias identificadas (**Tabela 2**).

É relevante incluir uma análise dos valores de BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), um índice frequentemente utilizado para avaliar a qualidade da água com base na presença e abundância de macroinvertebrados bentônicos. A utilização deste índice pode oferecer uma perspectiva adicional sobre o estado ecológico dos ecossistemas aquáticos investigados. Os valores de BMWP associados aos diferentes táxons presentes nas amostras podem fornecer dados sobre a saúde ambiental, uma vez que certos táxons são indicativos de águas mais limpas e menos perturbadas, enquanto outros estão associados a ambientes mais degradados (WRIGHT et al., 2000; MARTINS et al., 2008).

Para a análise de uso e ocupação do solo, foi utilizada a técnica de classificação manual através da interpretação e vetorização sobre tela de imagens de satélite de alta resolução espacial do *Google Satélite e Google Traffic* com uso do aplicativo QGIS versão 3.28.2. e *plugin Quick Map Services*. Foram definidas as seguintes classes: Área Urbana, Agricultura, Cobertura Arbórea, Curso Hídrico, Solo Exposto e Via de Transporte. Aplicou-se essa classificação em imagem de alta resolução em áreas de entorno 50 metros de raio dos pontos de coleta em nascentes, de acordo com a Lei nº 12.651/2012.

Para avaliar a relação entre os macroinvertebrados e a qualidade da água e o uso e ocupação do solo, foi realizada uma *Canonical correspondence analysis* (CCA) sendo uma técnica estatística que pode ser utilizada para identificar os grupos de macroinvertebrados que estão associados a diferentes condições ambientais (GONÇALVES et al., 2022; SAHM, 2016). Foram considerados significativos valores de  $p$  menores que 0,05 para todas as análises, inclusive para a correlação canônica. Todas as análises foram realizadas no RStudio, utilizando os pacotes *vegan* e *ggplot2*.

## RESULTADOS

Nas cinco áreas de APP's estudadas, a área urbana foi um dos usos menos comuns do solo. A maior porcentagem de área urbana foi encontrada na área de APP da nascente do ponto E. O solo exposto é um dos usos menos comuns do solo, com variação significativa entre as áreas avaliadas. A cobertura arbórea, por outro lado, é o uso mais predominante do solo em todas as áreas, com porcentagem elevada em todas as nascentes, exceto na nascente do ponto E (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Uso e ocupação do solo nos pontos de nascentes recuperadas com técnica solo-cimento em Prudentópolis-PR.

Classe	APP A <sup>1</sup>		APP B <sup>1</sup>		APP C <sup>2</sup>		APP D <sup>2</sup>		APP E <sup>3</sup>	
	Área (%)	Área (M <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (M <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (M <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (M <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (M <sup>2</sup> )
Área Urbana	2	140	0	0	0	0	0	0	26	1688
Agricultura	2	152	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobertura Arbórea	75	4787	79	5071	86	5502	84	5400	49	3213
Via de Transporte	4	258	0	0	0	0	15	984	0	0
Solo Exposto	16	1028	13	831	13	851	0	0	18	1134
Curso Hídrico	0	0	7	472	0	0	0	0	5	347
Total	100	6294	100	6397	100	6401	100	6405	100	6400

<sup>1</sup> não urbanizado, <sup>2</sup> periurbano, <sup>3</sup> urbano.

Observa-se que a porcentagem de uso do solo varia entre os diferentes pontos mencionados, com diferentes proporções de áreas urbanas, coberturas arbóreas, solo exposto, vias de transporte, agricultura e cursos hídricos. Essa variação pode ser influenciada por diversos fatores, tais como as características do solo e a ação humana. Esses resultados reforçam a necessidade de mais estudos para concretizar a importância da conservação da Floresta Nativa como um recurso fundamental para a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas. Eles também destacam a importância de uma gestão adequada do solo exposto e das áreas urbanas, para minimizar os impactos ambientais e garantir a qualidade da água e do ar.

No conjunto, 1236 indivíduos foram amostrados, abrangendo 18 táxons pertencentes às ordens Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata, Hemiptera e Ephemeroptera, bem como representantes dos filos Annelida e Mollusca. A ordem Diptera apresentou o maior número de indivíduos, sendo que a família Chironomidae foi a mais abundante, com aproximadamente 42% de todos os indivíduos amostrados. Oligochaeta (Annelida), Ceratopogonidae (Diptera) e Coenagrionidae (Odonata) também foram abundantes, com 281, 168 e 139 indivíduos, respectivamente (**Tabela 2**).

Os resultados indicam que a diversidade biológica variou entre os cinco pontos estudados, com a maior diversidade sendo observada no ponto E, e a menor no ponto B. A proporção de indivíduos entre os táxons também variou entre os pontos, sendo maior nos pontos A e C e menor no ponto D. Nos pontos A, B e C, foram encontrados apenas quatro táxons enquanto na nascente do ponto E foram amostrados 11 táxons.

As maiores porcentagens de táxons resistentes ocorreram nos pontos A, B e C, sendo a menor constatada na nascente do ponto D. Por outro lado, a porcentagem de EPT foi baixa, sendo zero nos pontos A e B, com a maior abundância relativa observada no ponto C. O índice BMWP' foi baixo nos pontos A, B e C, sendo considerados locais com água fortemente poluída, sendo que nos pontos D e E, as águas foram consideradas muito poluídas (**Tabelas 1 e 2**).

Os índices de qualidade da água BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), frequentemente empregados na avaliação de cursos d'água, para as nascentes em estudo refletem a composição dos macroinvertebrados bentônicos e a integridade ambiental. Os

pontos A, B e C demonstram uma qualidade crítica. Pontos D e E exibem uma ligeira melhoria, porém ainda demonstrando uma qualidade péssima.

**Tabela 2.** Distribuição e quantidade de organismos amostrados em nascentes recuperadas com a técnica de solo-cimento e índices bióticos e porcentagens relativas das famílias Chironomidae (%Chironomidae) e Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera (%EPT) calculados para os diferentes pontos de amostragem de nascentes recuperadas com solo-cimento em Prudentópolis-PR.

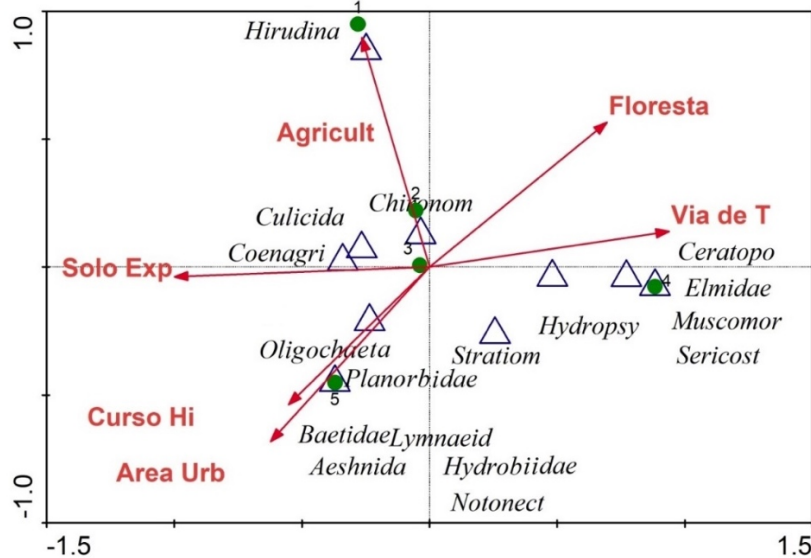
Táxon	Ponto A <sup>1</sup>	Ponto B <sup>1</sup>	Ponto C <sup>2</sup>	Ponto D <sup>2</sup>	Ponto E <sup>3</sup>	Total
<b>DIPTERA</b>						
Ceratopogonidae		1		167		168
Chironomidae	143	21	25	32	300	521
Culicidae	3		2		8	13
Muscomorpha				1		1
Stratiomyidae				1	1	2
<b>Trichoptera</b>						
Hydropsychidae			3	5		8
Sericostomatidae				19		19
<b>ANNELIDA</b>						
Hirudinea	62	1				63
Oligochaeta		7	6		268	281
<b>Coleoptera</b>						
Elmidae				5		5
<b>Odonata</b>						
Aeshnidae					6	6
Coenagrionidae	11				128	139
<b>MOLUSCA</b>						
Hydrobiidae					2	2
Lymnaeidae					2	2
Planorbidae					1	1
<b>Hemiptera</b>						
Notonectidae					5	5
<b>EPHEMEROPTERA</b>						
Baetidae					8	8
Total de indivíduos	219	30	36	230	729	1236
Total de Táxons	4	4	4	7	11	
Diversidade (H')	0,845	0,816	0,9195	0,9266	1,262	
Equitabilidade (J)	0,609	0,5886	0,6633	0,4762	0,5262	
%Chironomidae	65,3	70	69,44	13,91	41,15	
%EPT	0	0	8,33	1,1	2,81	
Índice BMWP'	13	10	10	30	31	

<sup>1</sup> não urbanizado, <sup>2</sup> periurbano, <sup>3</sup> urbano.

A análise CCA mostrou que a composição de macroinvertebrados é correlacionada com o uso e ocupação do solo, o primeiro eixo principal, que explicou 92% dessa

correlação, foi significativo ( $f=2,70$ ,  $P=0,051$  e  $R=0,92$ ). Com base no diagrama gerado, os táxons Ceratopogonidae, Elmidae e Sericostomatidae foram associados à presença de vias de transporte e presença antrópica (SILVA, 2002; COSTA et al., 2013), Oligochaeta, Baetidae e Aeshnidae foram dominantes em áreas urbanas (SANCHES, 2016) e Hirudinea teve relação direta com áreas de predominância de agricultura (Figura 3).

**Figura 3.** Diagrama da CCA da comunidade de macroinvertebrados e variáveis ambientais. Agricult: Agricultura; Floresta; Via de T: Via de Transporte; Curso Hi: Curso Hidrico; Área Urb: Area Urbana; Solo Exp: Solo Exposto.



## DISCUSSÃO

Pesquisas recentes sugerem que os táxons da família Baetidae são mais abundantes em ambientes alterados ou perturbados, onde a vegetação ciliar está ausente parcial ou totalmente. Estudos anteriores (CASTRO et al., 2018; MELLO et al., 2018; SANTOS et al., 2020) demonstraram que esses organismos são resilientes às alterações nos padrões hidrológicos de ecossistemas lóticos. Esses resultados encontram paralelo no presente estudo, no qual o táxon em questão foi exclusivamente encontrado no ponto E, situado em uma área intensamente urbanizada.

Além disso, foi observada a presença de táxons da ordem Trichoptera nos pontos C e D, que se encontram inseridos em uma região predominantemente caracterizada por Floresta Nativa. Cabe destacar que alguns táxons desta ordem manifestam predileção por ambientes que conservam suas características originais (CASTRO et al., 2018; MEZA-SALAZAR et al., 2020). Os indivíduos da classe Oligochaeta possuem relação com níveis de nutrientes mais elevados na água (SOUZA, 2006), e foram encontrados no presente estudo nos pontos B, C e em grande quantidade no ponto E, caracterizado pela urbanização. A presença das famílias Elmidae e Ceratopogonidae indicam uma boa qualidade do curso hídrico, pois são sensíveis à poluição e perturbação do habitat (OLIVEIRA et al., 2004; PRAT, 2018), sendo encontrados apenas no ponto D e com uma pequena amostra de Ceratopogonidae no ponto A.

A CCA foi empregada com intuito de investigar as possíveis correlações entre as variáveis ambientais e a fauna de macroinvertebrados identificadas em cada ponto



amostral, a fim de revelar a presença tanto de correlações positivas quanto negativas entre as variáveis examinadas e indicar a influência de diferentes fatores sobre os organismos. Destaca-se que a variável associada às áreas urbanas exerceu os efeitos mais acentuados sobre o maior número de táxons, sugerindo sua relevância particular na distribuição e abundância dos organismos sob investigação. Como desdobramento desses achados, é possível inferir que a CCA possibilitou a identificação de associações significativas entre os fatores ambientais investigados e a composição taxonômica das comunidades aquáticas analisadas.

Análises anteriores e pós-intervenção evidenciaram melhorias em diversos parâmetros ligados à qualidade da água, com destaque para os microbiológicos, como as Bactérias Heterotróficas, Fungos e *Escherichia coli*, bem como nos parâmetros físicos, com uma notável redução do MPS (Material Particulado em Suspensão). Entretanto, quanto à qualidade química da água das nascentes, não foram observadas mudanças significativas, sugerindo que um período prolongado de monitoramento poderia proporcionar clareza adicional quanto à evolução das condições hídricas (GOMES, 2019; VILLWOCK et al., 2015).

## CONCLUSÃO

A avaliação do ecossistema aquático é uma ferramenta de extrema importância afim de avaliar a qualidade da água em sistemas hídricos, incluindo cursos d'água originados de nascentes tratadas com a técnica de solo-cimento. A implementação de práticas sustentáveis de manejo e a conservação do solo e das APP's é fundamental para mitigar a erosão e contaminação hídrica, preservando a qualidade da água e a diversidade biológica dos ecossistemas aquáticos. Os resultados deste estudo demonstram que as ações de preservação do solo e o uso da técnica de solo-cimento são estratégias eficazes para a conservação dos ecossistemas aquáticos. É importante ressaltar a necessidade de estudos que correlacionem a conservação da água e a saúde pública.

É crucial destacar a importância de pesquisas que estabeleçam uma conexão entre a preservação da água e a saúde pública. Uma abordagem abrangente, que inclua monitoramento contínuo e estudos prévios e pós-implementação de técnicas de conservação, aprimoraria a confiabilidade dessas investigações, reforçando ainda mais sua eficácia. Essa abordagem integrada contribuiria para ampliar o entendimento sobre os aspectos ecológicos e ambientais dos macroinvertebrados na região de Prudentópolis - PR, fornecendo subsídios para a adoção de medidas que visem preservar a qualidade da água e, por conseguinte, salvaguardar a saúde pública.

## REFERÊNCIAS

ALEMÃO, A. B. C. **Proteção de nascentes à base de solo-cimento**. Curitiba: Instituto Emater, 2015. 20 p. Disponível em: [https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-04/folheto\\_protecao\\_nascentes.pdf](https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/folheto_protecao_nascentes.pdf). Acesso em: 25 ago. 2023.

ANTONIETTI, H. A. S.; OLIVEIRA, R. C. Qualidade da água em nascentes protegidas com a técnica solo cimento no município de Diamante do Sul, PR. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 216-223, 2013.

ATHAYDES, T. V. S.; PAROLIN, M.; CRISPIM, J. Q. Análise macroscópica de nascentes protegidas por meio da técnica solo-cimento nos municípios de Campo Mourão e Luiziana (PR). **Terrae Didactica**, v. 18, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8670816> .

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, e disposições da legislação sobre o tema. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Seção 1, p. 45. 26 de maio de 2012.

CAMPOS, C. A.; KENNARD, M. J.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F. Diatom and Macroinvertebrate assemblages to inform management of Brazilian savanna's watersheds. **Ecological Indicators**, v. 128, p. 107834, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107834>

CASTRO, D. M.P.; DOLÉDEC, S.; CALLISTO, M. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 573–582. 2018.

CLIMATE DATA. **Clima Prudentópolis**. 2022. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americado-sul/brasil/parana/prudentopolis-43672/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

COSTA, J. C.; LOROSA, E. S.; MORAES, J. L. P.; REBÊLO, J. M. M. Espécies de Culicoides (Diptera; Ceratopogonidae) e hospedeiros potenciais em área de ecoturismo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 4, n. 3, p. 11-18, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232013000300002>

CRISIGIOVANNI, E. L.; GODOY, R. F. B.; NASCIMENTO, E. A. Landscape components associated with forestry in the Atlantic rainforest influence the aquatic macroinvertebrate community: a case study in southern Brazil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 19, e14, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v19e14>

CRISIGIOVANNI, E. L.; NASCIMENTO, E. A.; GODOY, R. F. B.; OLIVEIRA--FILHO, P. C.; VIDAL, C. M. S., MARTINS, K. G. Inadequate riparian zone use directly decreases water quality of a low order urban stream in southern Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 15, n. 2, e2451, 2020.

CRISPIM, J. Q.; MALYSZ, S. T. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica rio do campo no município de Campo Mourão - PR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 781-790, 2012.

DALA-CORTE, R. B.; MELO, A. S.; SIQUEIRA, T.; BINI, L. M.; MARTINS, R. T.; CUNICO, A. M. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391–1402, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.13657>

DAVIS, STANLEY N.; DE WIEST, R.J.M. **Hydrogeology**. John Wiley & Sons, 1966.

DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. R. (eds.) **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 2009, 656 p.

FERREIRA, W. R.; LIGEIRO, R.; MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M. A review of the use of aquatic macroinvertebrates as indicators of environmental quality in Brazilian lotic systems. **Ecological Indicators**, v. 66, p. 394-404, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.045>

GOMES, R. T. D. **Avaliação da técnica de proteção de nascentes com solo-cimento**: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Camboriú - SC. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2019.

GONÇALVES, S. N. C.; SCHORN, L. A.; SANTOS, K. F. D.; HIGUCHI, P. Influence of environmental variables on the floristics and structure of natural regeneration in a Mixed Ombrophilous Forest remnant. **Rodriguésia**, v. 73, n. e00102021, p. 1-13, 2022.

MARTINS, R. T.; CALLISTO, M.; GOULART, M. Evaluation of a Rapid Benthic Assessment Protocol for Rivers in Southeast Brazil. **Hydrobiologia**, v. 598, n. 1, p. 391-403, 2008.

MELLO, A. J. M.; NAKAMURA, E. M.; SIEGLOCH, A. E. **Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores de qualidade de águas em ambientes lóticos no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC** - Brasil. In: Ecologia de Campo UFSC 2011. Estudos ecológicos na Ilha de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2011. p. 15-24.

MELLO, K., VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; SANTOS, A. C. A.; VETTORAZZI, C. A. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, v. 167, p. 130-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.027>

MEZA-SALAZAR, A. M.; GUEVARA, G.; GOMES-DIAS, L.; CULTID-MEDINA, C. A. Density and diversity of macroinvertebrates in Colombian Andean streams impacted by mining, agriculture and cattle production. **PeerJ**, v. 8, e9619. 2020. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.9619>

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L. BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic Forest fragment. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 100, n. 4, p. 291-300, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212010000400003>

OLIVEIRA, L. G.; NESSIMIAN, J. L. Effects of urbanization on stream habitats and associated biota in Cerrado ecoregion of Brazil. **American Fisheries Society**. Proceedings of the 2nd International Symposium on Urbanization and Stream Ecology. Bethesda, MD: American Fisheries Society, p. 259-268, 2004.

PINTO, Á. J. A.; TAVARES, V. B. C.; PINHEIRO, S. C. C.; LIMA, M. O.; AVIZ, D.; LIMA, A. M. M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of environmental quality of Pará River estuary, a wetland of Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 56, n. 1, p. 111-127, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5327/z2176-947820200760>

PRAT, N.; RÍOS-TOUMA, B. Elmidae Curtis, 1830 (Coleoptera) as bioindicators of Andean high-altitude streams: ecological and biogeographical aspects. **Anais de Limnologie-International Journal of Limnology**, v. 54, p. 21-32, 2018.

QUEIROZ, A. C. L.; CARDOSO, L. S. M.; SILVA, S. C. F.; HELLER, L.; Cairncross, S. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA): lacunas entre a formulação do programa e sua implantação na instância municipal. **Saúde e Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 465-478, 2012.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.

RESTELLO, R. M.; BATTISTONI, D.; SOBCZAK, J. R.; VALDUGA, A. T.; ZACKRZEWSKI, S. B. B.; ZANIN, E. M. et al. Effectiveness of protected areas for the conservation of aquatic invertebrates: a study-case in southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, e5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s2179-975x9416>

SAHM, L. H. **Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores em córregos urbanos do município de Bocaina - SP**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente). Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, Araraquara, SP, 2016.

SANCHES, N. A. **Comunidade de Oligochaeta (Annelida: Clitellata) em Córregos Urbanos do Município de Bocaina - SP**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, 2016.

SILVA, A. M. Imaturos de mosquitos (Diptera, Culicidae) de áreas urbana e rural no norte do estado do Paraná, Brasil. **Série Zoológica**, v. 92, n. 4, p. 31-36, 2020.

SOUZA, C. P. Segurança alimentar e doenças veiculadas por alimentos: Utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimento. **Revista APS**, v. 9, n. 1, p. 83-88, 2006.

VALENTE, O. P.; GOMES, M. F. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2015.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J. DE Q.; CANSIAN, D. C. V. DE A. Melhoria da qualidade da água por meio da técnica de recuperação e proteção de nascentes em pequenas propriedades agrícolas no município de Campina da Lagoa. **Revista Meio ambiente e sustentabilidade**, v. 9, n. 4, p. 141-154, 2015.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. Atlas Climático da Região Sul do Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Temperate Agriculture**, 2012.

WRIGHT, J. F.; SUTCLIFFE, D. W.; FURSE, M. T. Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. **Freshwater Biology**, v. 41, n. 2, p. 562-575, 2000.

Recebido em: 14/09/2023

Aprovado em: 29/12/2023